

нии роста, производительности, а также объема ствола одного дерева и выхода наиболее рентабельных сортиментов следует считать густоту посадки в диапазоне 6,4-4,4 тысячи 2-летних сеянцев на 1 га. Именно такая густота посадки сеянцев во второй половине XX века наиболее часто использовалась в производственных условиях в бывшем СССР.

Библиографический список

1. Мерзленко М.Д. Лесокультурное дело: учеб. пособие для студентов специальностей 250201 «Лесное хозяйство» и 250100 «Лесное дело». М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. 124 с.
2. Марков М.В. Популяционная биология растений. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1986. 110 с.
3. Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. Влияние густоты культур ели на их рост и производительность // Доклады ТСХА. Вып. 269. М.: Изд-во МСХА, 1998. С. 344–347.

УДК 574.34:630*533

В.В. Фомин, А.П. Михайлович, Е.М. Агапитов,
(V.V. Fomin, A.P. Mikhailovich, Ye.M. Agapitiov)

УГЛТУ, Екатеринбург
(USFEU, Ekaterinburg)

Д.Ю. Голиков,
(D.Yu. Golikov)

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург
(Botanical Garden of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg)

Е. Бенева
(Ye. Beňová)

Университет Менделя в Брно, Брно, Чешская Республика,
(Mendel University in Brno, Brno, Czech Republic)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕРЕВЬЕВ
ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ В ЭКОТОНЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ
ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ
НА АЭРО- И КОСМОСНИМКАХ ВЫСОКОГО
ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ
(METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE LARCH TREES RECOGNITION
IN THE UPPER TREE LINE ECOTON IN THE POLAR URALS WITH
THE USE OF AERIAL AND SATELLITE IMAGES OF HIGH SPATIAL
RESOLUTION)**

Приведены результаты исследований возможности распознавания операторами деревьев лиственницы сибирской в экотоне верхней границы

древесной растительности на Полярном Урале на космическом снимке высокого пространственного разрешения и цифровых изображениях, полученных с использованием малоразмерного беспилотного летательного аппарата. На основе данных о местоположении деревьев и их биометрических параметрах на 9 пробных площадях, космо- и аэроснимках определены цветовые, текстурные и морфологические характеристики объектов на изображениях, которые могут быть использованы для распознавания деревьев. Результаты проведенного анализа согласованности полученных оценок количества деревьев разными операторами свидетельствуют о том, что предложенные характеристики объектов и методика обучения распознаванию деревьев могут быть использованы для дешифрирования на космо- и аэроснимках высокого пространственного разрешения в экотоне верхней границы древесной растительности.

*The studies of Siberian larch (*Larix sibirica* L.) recognition by operators in the upper tree line ecotone in the Polar Urals on satellite images with high spatial resolution and digital images obtained using a drone were carried out. The color, texture and morphological characteristics of the objects on the images, which can be used for tree recognition, were determined using the data obtained during the field studies. The coordinates of trees and their biometric characteristics were defined on 9 sample plots. The analysis results of the consistency of quantity assessment on the images by four operators indicate that the proposed characteristics of the objects and the proposed training method for tree recognition on satellite and aerial images can be used to define trees in the upper tree line ecotone in the Polar Urals.*

Проявлению и природе разнообразных оптических иллюзий, возникающих у человека при распознавании объектов, посвящена обширная научная литература. Возможность нахождения человеком объекта на изображении зависит от пространственного контекста. Например, цвет влияет на восприятие яркости объекта [1]. Паттерн на однородном фоне воспринимается более контрастным по сравнению с тем вариантом, когда он встроен в похожий, но более контрастный паттерн (эффект Чабба). При этом изменение пространственной частоты окружающего паттерна более контрастного, чем он, рисунка не снижает его контрастность при восприятии человеком [2]. Данные примеры свидетельствуют о том, что решению методических аспектов распознавания объектов на изображении должно придаваться большое значение при работе нескольких операторов.

Цель данного исследования – оценка согласованности результатов распознавания деревьев лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.) в экотоне верхней границы древесной растительности на Полярном Урале с использованием космического снимка высокого пространственного разрешения в 2015 году (maps.yandex.ru) и аэроснимков, полученных в 2018 году с использованием беспилотного летательного аппарата (БПЛА) DJI Phantom 4 Advanced (DJI Inc., Китай) с высоты 50 метров.

Исследования проведены с использованием данных инструментальных измерений, проведенных авторами в 2018 году на 9 круговых пробных площадях (ПП), заложенных в разных частях экотона. На основе данных определения координат местоположения деревьев в географической информационной системе QGIS (qgis.org) были созданы векторные точечные слои местоположения деревьев и полигональные слои крон деревьев, представленных окружностями, значения радиуса которых определялись по результатам измерений крон деревьев в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Геопривязку и обработку аэро- и космоснимков производили с использованием программ QGIS и Photoscan (Agisoft, Россия).

К диагностическим параметрам, по которым можно определить кроны деревьев лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.), относятся цвет (светло-зеленый), наличие теней от стволов деревьев, более размытая (менее выраженные отличия между светлыми и темными элементами) по отношению к другим видам растительности текстура крон. Наличие теней позволяет выделять деревья лиственницы на фоне зарослей карликовой березы (*Betula nana* L.). Более насыщенный (яркий) цвет и менее выраженные переходы между светлыми и темными элементами изображения в пределах кроны дерева, а также наличие тени от ствола дерева, позволяют отличить лиственницу от кустов можжевельника сибирского (*Juniperus sibirica* burgsd.). Деревья на спутниковом снимке характеризуются хорошо выраженным градиентом интенсивности и выглядят, как выпуклые объекты с тенями.

После тренировки на обучающей выборке каждый из четырех операторов выполнил распознавание деревьев на космо- и аэроснимках пробных площадей для тестовой выборки. С использованием ГОСТа [3] проведены анализы согласованности полученных ими данных для каждого из классов изображений. Значения h-статистики, которые характеризуют межлабораторную согласованность, т. е. согласованность результатов оценивания по аэроснимкам БПЛА между операторами, свидетельствуют о том, что только у одного из них на одной пробной площади были получены величины данного показателя, выходящие за нижний порог (квазивыброс). Значения k-статистики, характеризующие внутрилабораторную совместимость, т. е. согласованность результатов оценивания количества деревьев на пробной площади одним и тем же оператором, также свидетельствуют о том, что только в одном случае значения показателя выходят за нижний и верхний пороги (выброс). Анализ h- и k-статистик для данных, полученных операторами по спутниковому снимку, также свидетельствуют о достаточно хорошей межлабораторной (один квазивыброс) и внутрилабораторной (два квазивыброса) согласованности полученных ими результатов.

Полученные в ходе исследований результаты свидетельствуют о том, что выбранные характеристики двух классов изображений, позволяющие идентифицировать на них деревья лиственницы сибирской (*Larix sibirica*

L.), а также предложенная методика обучения операторов являются эффективными для определения местоположения деревьев данного вида в экотоне верхней границы древесной растительности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-34-00803 мол_а). В ходе наземных исследований при закладке пробных площадей была использована методика, разработанная в рамках гранта РФФИ № 17-14-01112.

Библиографический список

1. The brightness of colour / D. Corney, J.P. Haynes, G. Rees, R.B. Lotto // PLoS One. 2009. Vol. 4, № 3. P. 5091.
2. Lotto R.B., Purves D. An empirical explanation of the Chubb illusion // J. Cogn. Neurosci. 2001. Vol. 13, № 5. P. 547–555.
3. ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений / Постановление Госстандарта России от 23 апреля 2002 г. № 161-ст 2002 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200029976> (дата обращения 23.01.2019).

УДК 631.474

О.В. Халикова
(O.V. Khalikova)
ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, Уфа
(Bashkir State Agrarian University, Ufa)

МЕРЫ ПО СОХРАНЕНИЮ ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «ДОЛИНА РЕКИ ЖАНЕ» (MEASURES TO PRESERVE THE SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREA «THE JEANNE RIVER VALLEY»)

Приведено описание уникального памятника природы «Долина реки Жане». Даны характеристики территории и ее уникальных объектов. Представлены меры по восстановлению и охране данного заповедника, который является особо охраняемой природной территорией.

The article describes the unique nature monument "The Jeanne River Valley". The characteristics of the territory and its unique objects are given. The measures for the restoration and protection of this reserve, which is a specially protected natural area are presented.